

# Tool zur Bewertung von Flexibilitäten in elektrischen Energiesystemen

## Simulationsumgebung in Python

### Diplomanden



Patrik Schlegel



Remo Wick

**Ausgangslage:** Aufgrund des Klimawandels drängen viele Nationen zu mehr Nachhaltigkeit. Innerhalb der kommenden Jahrzehnte wollen einige Pionierstaaten, darunter auch die Schweiz, den CO<sub>2</sub>-Ausstoss auf Netto-Null setzen. Um die Herausforderungen der Energiewende zu bewältigen, benötigen wir langfristige Strategien. Bisher wurde die Stromversorgung durch grössere, nicht umweltfreundliche und regelbare Anlagen wie Gas-, Kohle- und Kernkraftwerke gewährleistet. Der Zukunftstrend zeigt jedoch eine Verdrängung der herkömmlichen Anlagen durch volatile erneuerbare Energiequellen.

Die grundlegende Aufgabe des Stromsystems besteht darin, die gegebene stündliche Nachfrage unter Berücksichtigung der vorhandenen Kraftwerks- und Netzkapazitäten möglichst kostengünstig zu decken.

**Ziel der Arbeit:** Zusammengefasst ist in der Zukunft sowohl die Nachfrage- als auch die Produktionsseite zu einem gewissen Grad stochastisch. Folglich wird bereits heute an Smart-Grid- sowie Smart-Markt-Konzepten geforscht. Eine zentrale Frage ist, ob sich die stündlich schwankende Nachfrage mit den neu verteilten Produktionsportfolios (mehr volatile als regelbare Produktionen) noch immer decken lässt.

Um die Flexibilität des elektrischen Energienetzes zu prüfen, programmierten wir ein Simulationstool in Python. Die Simulationsumgebung dient als Grundbaustein für die Modellierung und Analyse von verschiedenen Anlageportfolios.

Für die Abbildung der wichtigsten Charakteristiken (Speicherkapazität, Regelbarkeit, Volatilität, Effizienz, Kosten etc.) der Anlagen wurde das Leistungsknoten (engl. «power node») Konzept verwendet, welches die Modellierung der Komponenten in einer einheitlichen Form ermöglicht.

**Fazit:** Die Funktionstüchtigkeit der Simulationsumgebung wird anhand eines Modells, bestehend aus einer Photovoltaikanlage, einem Dam, einem AKW und einer Last, präsentiert. Aufgrund der schlechten Ausnutzung der Leistungsspitzen der PV-Anlagen wurde das Modell mit einem Pumpspeicher ergänzt. Dadurch konnten die Gesamtkosten reduziert werden.

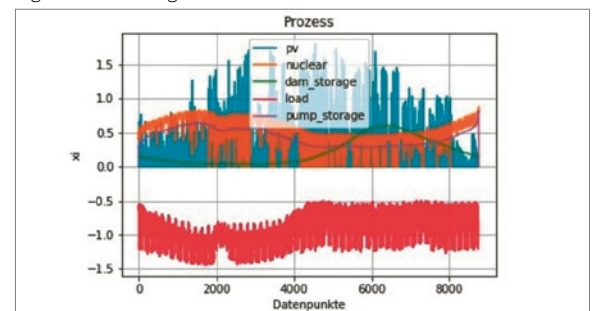
Aktuell genügen die Auswertungsmethoden erst, um grobe Konzeptanpassungen am Portfolio vorzunehmen. Um Schwachstellen gezielt zu beheben, müssten zusätzlich die Abhängigkeiten zwischen den Anlageparametern ergründet werden. Für grosse Modelle ist die Erstellung des Frameworks noch ineffizient. Die Problemstelle ist in der Dokumentation vermerkt.

**Examinator**  
Dr. Turhan Demiray

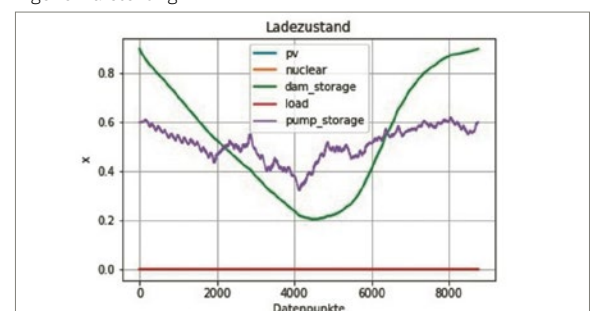
**Experte**  
Prof. Dr. Martin Geidl,  
FHNW Fachhochschule  
Nordwestschweiz,  
Windisch, AG

**Themengebiet**  
Energiesysteme

**Verlauf der Prozesse**  
Eigene Darstellung



**Verlauf der Ladezustände (Speicher)**  
Eigene Darstellung



**Verteilung der Stromversorgung**  
Eigene Darstellung

